

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 3 7 4 1 7
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 3 7 4 1 7]

出 願 人 株式会社豊田中央研究所
Applicant(s): 株式会社デンソー

2 0 0 3 年 1 0 月 3 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 K02-247

【提出日】 平成14年11月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01R 33/09

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株
 株式会社豊田中央研究所内

 【氏名】 山寺 秀哉

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株
 株式会社豊田中央研究所内

 【氏名】 太田 則一

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株
 株式会社豊田中央研究所内

 【氏名】 船橋 博文

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

 【氏名】 鈴木 康利

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

 【氏名】 青 建一

【特許出願人】

 【識別番号】 000003609

 【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所

【特許出願人】

 【識別番号】 000004260

 【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

【識別番号】 110000110
【氏名又は名称】 特許業務法人 快友国際特許事務所
【代表社員】 小玉 秀男
【電話番号】 052-588-3361

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 172662
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0207894

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気インピーダンス素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 交流電流を通電すると、外部磁界に応じてインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を利用した素子であって、

磁性層と、磁性層を覆う電気的な絶縁性材料からなる保護層を備えたことを特徴とする磁気インピーダンス素子。

【請求項 2】 磁性層が、NiFe 系合金膜によって形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項 3】 保護層の内部応力である圧縮応力が 500 MPa 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項 4】 保護層の内部応力である引張応力が 100 MPa 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項 5】 保護層の厚さが 0.2～5 μm であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項 6】 保護層が、窒化シリコン、窒化アルミニウム、酸化シリコン、リン添加酸化シリコン、ボロン添加酸化シリコンの少なくともいずれかによって形成されていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項 7】 保護層が、複数種の絶縁性材料の複合材料又は積層構造によって形成されていることを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載の磁気インピーダンス素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気インピーダンス素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 交流電流（典型的には 1 MHz 以上の高周波電流）を通電すると、外部磁界に応じてインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を利用した磁気インピーダンス素子が知られている。

従来の磁気インピーダンス素子としては、磁性層がアモルファス合金によって形成されたものが一般に用いられている。アモルファス合金は、軟磁気特性を有し、比透磁率の高い磁性材料であり、外部磁界に応じた磁性層の透磁率変化を大きくすることができるためである。このような磁気インピーダンス素子は、例えば特許文献 1 に記載されている。

【0003】

【特許文献 1】

特開平 8-75835 号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、磁性層をアモルファス合金で形成した磁気インピーダンス素子は、耐熱性が低く、約 400℃以上の熱処理によって感度が大幅に低下してしまうという問題があった。アモルファス合金で形成した磁性層は、結晶化温度が約 400℃以下と低いために、約 400℃以上の熱処理によって結晶化が進み、高感度な磁気インピーダンス特性を得るために必要な軟磁気特性が大きく消失してしまうからである。

このため、磁性層をアモルファス合金で形成した磁気インピーダンス素子は、汎用の半導体プロセスを経て製造することが困難であった。汎用の半導体プロセスは、約 400℃以上の熱処理工程を一般に含むからである。従って、磁性層をアモルファス合金で形成した磁気インピーダンス素子は、汎用の半導体プロセスによって、他の回路等（例えばセンサ出力信号を処理する回路等）とともに集積化して製造することが困難という問題があった。

【0005】

また、磁性層を酸化されやすい材料で形成した場合にも、熱処理によって磁性層が酸化され、磁気特性が劣化し、感度が低下してしまうという問題があった。

【0006】

本発明は、耐熱性に優れ、熱処理を行っても磁性層の磁気特性の変化（感度の低下等）が生じにくい磁気インピーダンス素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用と効果】 本発明を具現化した磁気インピ

ーダンス素子は、交流電流を通電すると、外部磁界に応じてインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を利用した素子である。この磁気インピーダンス素子は、磁性層と、磁性層を覆う電気的な絶縁性材料からなる保護層を備えている。

【0008】

本発明の磁気インピーダンス素子では、磁性層を上記した保護層で覆う構造としているので、高温（約 400℃以上）の熱処理によっても磁性層の磁気特性の変化（例えば感度の低下）が生じにくい。このため、耐熱性に優れた磁気インピーダンス素子を実現できる。

従って、本発明によると、約 400℃以上の熱処理工程を含む汎用の半導体プロセスを経ても磁性層の磁気特性の変化（例えば感度の低下）を生じにくくすることができるので、汎用の半導体プロセスによって、他の回路等（例えばセンサ出力信号を処理する回路等）とともに集積化して小型化され、しかも高感度な磁気インピーダンス素子を実現できる。

【0009】

磁気インピーダンス素子では一般に、零磁歪の磁性層ないしは低磁歪の磁性層を用いることが多い。これは、磁性層に加わった歪みの影響による磁性層の磁気特性の変化（感度の低下や、検出精度の低下）を防止するためである。このような零磁歪の磁性層を用いた場合、磁性層に加わる歪みの影響を基本的には考慮しなくてもよいと考えられる。

しかし、上記した磁性層を絶縁性材料からなる保護層で覆う構造とした場合、零磁歪の磁性層ないしは低磁歪の磁性層を用いた場合でも、保護層の内部応力が磁性層の磁気特性に影響を与え、素子の感度を低下させることが本発明者らの研究で見出された。また、保護層の内部応力が圧縮応力の場合と引張応力の場合で磁性層の磁気特性に与える影響が異なることも見出された。

【0010】

本発明者らはこれらの知見に基づいて、保護層の内部応力が圧縮応力の場合は、その大きさが 500 MPa 以下であることが好ましく、保護層の内部応力が引張応力の場合は、その大きさが 100 MPa 以下であることが好ましいことを見

出した。

これらの態様によると、保護層の内部応力によって磁性層の軟磁気特性が劣化することによる素子の感度の低下を十分に抑制できる。また、保護層の内部応力による保護層と磁性層の剥離等の発生を十分に抑制できる。

【0011】

【発明の実施の形態】 図1に本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子の平面図を示す。図2に図1のII-II線断面図を示す。

図1と図2に示すように、本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子は、基板22（図2参照）と、絶縁層24と、磁性層26と、2つの電極パッド部28a, 28bと、保護層32を備えている。また、2つの電極パッド部28a, 28bにはそれぞれ、周波数を自在に設定できる交流電流源30の一端と他端が接続されている。図1には、交流電流の通電方向に平行に外部磁界 H_{ext} が加わっている状態が示されている。

【0012】

図2に示す基板22の材料は、その上に絶縁層24や磁性層26等を形成可能な材料であれば何を使用してもよいが、例えば、シリコンウエハ、ガラス、金属等が挙げられる。基板22を導電性材料や半導体材料で形成したときは、本実施形態のように基板22と磁性層26の間に絶縁層24を形成し、基板22と磁性層26の間を電氣的に絶縁することが好ましい。一方、例えば基板22をガラス等の絶縁性材料で形成したときは、絶縁層24を介さずに、基板22と磁性層26が直接に接するようにしてもよい。なお、基板22と磁性層26の間には、構造によっては絶縁層24以外の材料（導電性層等）が介在していてもよい。

絶縁層24は、基板22上に形成されている。絶縁層24は、絶縁性材料であれば何を使用してもよいが、例えば、酸化シリコン、窒化シリコン等が挙げられる。

【0013】

磁性層26は、絶縁層24上に形成されている。磁性層26は、軟磁気特性を有する強磁性体で形成されている。磁性層26は、NiFe系合金膜（薄膜）によって形成することが好ましい。NiFe系合金膜は、実質的にNiとFeのみ

からなるNiFe合金であっても勿論よいし、例えばNiFeCo合金等であってもよい。磁性層26をNiFe系合金膜（薄膜）によって形成すると、良好な軟磁気特性が得られる。また、磁性層26は、線状又は薄膜状のアモルファス合金（CoNbZr合金、CoSiB合金等）等によって形成してもよい。なお、磁性層26の形状に特に限定はない。磁性層26の磁気特性値としては、保持力が10〔Oe〕以下で、比透磁率が500以上であることが好ましい。

【0014】

電極パッド部28a, 28bは、絶縁層24上に形成されているとともに、それぞれ磁性層26の長手方向の一方の端部と他方の端部を覆うように形成されている。電極パッド部28a, 28bの材料は、電極として機能し得る材料であれば何を使用してもよいが、例えばアルミニウム、銅や、これらの合金等が挙げられる。電極パッド部28a, 28bの電気的特性値としては、比抵抗が $10\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であることが好ましい。

【0015】

保護層32は、磁性層22の表面を覆っている。また、保護層32は、絶縁層32の表面も覆っている。電極パッド部28a, 28bは保護層32によって覆われておらず、露出した状態となっている。保護層32は、電気的絶縁性の非磁性体材料によって形成されている。保護層32は、窒化シリコン、窒化アルミニウム、酸化シリコン、リン添加酸化シリコン、ボロン添加酸化シリコンの少なくともいずれかによって形成されていることが好ましい。これらの材料は、酸化防止（磁性層26がNiやFe等の酸化され易い材料で形成されている場合）あるいは熱による結晶化防止（磁性層26がアモルファス合金で形成されている場合）という観点から、本発明の保護層として好適なものである。また、半導体プロセスにおいて一般的に形成されているものであるため、半導体プロセスにおける形成に適している。また、保護層32は、複数種の絶縁性材料の複合材料又は積層構造によって形成されていることがより好ましい。この態様によると、複数種の絶縁性材料を様々に組合せることで、保護層32の内部応力が小さい構造を実現し易い。

【0016】

保護層 32 の厚さ L (図 2 参照) は $0.2 \sim 5 \mu\text{m}$ であることが好ましい。この態様によると、保護層 32 によって磁性層 26 をより十分に保護できる。また、保護層 32 の内部応力による保護層 32 と磁性層 26 の剥離等の発生を十分に抑制できる。保護層 32 の厚さ L は、 $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$ であることがより好ましい。

保護層 32 の内部応力が圧縮応力の場合は、その大きさが 500 MPa 以下であることが好ましい。保護層 32 の内部応力が引張応力の場合は、その大きさが 100 MPa 以下であることが好ましい。これらの態様によると、保護層 32 の内部応力によって磁性層 26 の軟磁気特性が劣化することによる素子の感度の低下を十分に抑制できる。また、保護層 32 の内部応力による保護層 32 と磁性層 26 の剥離等の発生を十分に抑制できる。保護層 32 の内部応力である圧縮応力は、 200 MPa 以下であることがより好ましい。保護層 32 の内部応力である引張応力は、 50 MPa 以下であることがより好ましい。保護層 32 の電気特性値としては、絶縁抵抗値が $10 \text{ M}\Omega$ 以上であることが好ましい。

【0017】

磁性層 26 が例えばアモルファス合金で形成されている場合は、高温 (約 400°C 以上) による結晶化によって磁気特性が変化 (感度が低下) してしまう。よって、磁性層 26 が例えばアモルファス合金のような温度そのものに影響を受ける材料で形成されている場合は、保護層 32 は、熱伝導率の低い材料 (SiO_2 、 PSG 、 BSG 、 BPSG 等) で形成されていることが好ましい。

【0018】

磁性層 26 が鉄やニッケルやコバルト等の酸化され易い材料を含んで形成されている場合、半導体プロセスにおける約 400°C 以上の熱処理を、真空中で行えば磁性層 26 の酸化は回避できるともいえる。しかし、真空中での熱処理を行うためには特別な設備が必要なため、コスト高になる等の問題が生じる。これに対し、上記のような保護層 32 を設けると、熱処理を酸素が存在する雰囲気中 (例えば大気中) で行っても、その磁性層 26 の酸化を回避でき、真空中での熱処理を行うための特別な設備が不要になるという効果が得られる。真空中熱処理を行うための設備の設置等に要する負担に比べれば、保護層 32 を形成する工程を追

加する負担は少ない。また、製造後においても磁性層 2 6 が酸化される可能性を非常に低くできる。

【0 0 1 9】

次に、本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子の製造方法を説明する。

まず、図 3 に示すような基板 2 2 を用意する。次に、図 4 に示すように、基板 2 2 上に絶縁層 2 4 を形成する。基板 2 2 がシリコンの場合は、そのシリコン基板 2 2 の表面部を熱酸化法で酸化させることで、酸化シリコンからなる絶縁層 2 4 を形成できる。また、絶縁層（酸化シリコン、窒化シリコン等）2 4 は、C V D（Chemical Vapor Deposition）法やスパッタリング法等によって形成してもよく、形成方法に特に限定はない。

【0 0 2 0】

次に、絶縁層 2 4 上に、軟磁気特性を有する強磁性体膜を形成する。強磁性体膜は、例えば、スパッタリング法、蒸着法、メッキ法等によって形成すればよく、形成方法に特に限定はない。この強磁性体膜を、フォトエッチング法等によって所定の形状にパターンニングして、図 5 や図 1 に示すような磁性層 2 6 を形成する。この場合、磁性層 2 6 の交流電流の通電方向（長手方向）又はこれに垂直な方向に、磁場中成膜法や磁場中熱処理法等によって一軸性の磁気異方性を付与して、磁化容易軸を形成することが好ましい。

【0 0 2 1】

次に、絶縁層 2 4 と磁性層 2 6 上に、電極材料層を形成する。電極材料層は、例えば、スパッタリング法、蒸着法、メッキ法等によって形成すればよく、形成方法に特に限定はない。この電極材料層をフォトエッチング法等によって所定の形状にパターンニングして、図 6 や図 1 に示すように磁性層 2 6 の両端部を覆うような電極パッド部 2 8 a, 2 8 b を形成する。

次に、絶縁層 2 4 と磁性層 2 6 と電極パッド部 2 8 上に、絶縁性材料層を形成する。絶縁性材料層は、例えば、C V D 法（プラズマ C V D 法等も含む）、スパッタリング法等によって形成すればよく、形成方法に特に限定はない。この絶縁性材料層を R I E（Reactive Ion Etching）法等によって所定の形状のパターンニングして（電極パッド部 2 8 上の絶縁性材料層を除去する等して）、図 2 や図 1

に示すような保護層 32 を形成する。次に、電極パッド部 28a, 28b へのワイヤボンディングを行う。

以上の工程を経ることで、本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子が製造される。

【0022】

【実施例】 以下に示すような方法で、本発明の実施例の磁気インピーダンス素子（サンプル 5：後述する表 1 参照）を製造した。

まず、図 3 に示すようなシリコン基板 2 を用意した。次に、図 4 に示すように、シリコン基板 22 上に、酸化シリコンからなる厚さ $1\ \mu\text{m}$ の絶縁層 24 を熱酸化法によって形成した。

【0023】

次に、絶縁層 24 上に、厚さ $2\ \mu\text{m}$ の $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ 合金膜を磁場中スパッタリング法によって形成した。この $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ 合金膜を、フォトリソ法によってパターンニングして、図 5 や図 1 に示すような磁性層 26 を形成した。具体的には、磁性層の長さが $2\ \text{mm}$ で、幅が $10\ \mu\text{m}$ となるようにパターンニングした。本実施例では、上記のように磁場中スパッタリング法によって磁性層（ $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ 合金膜）26 を形成し、磁性層 26 の交流電流の通電方向（長手方向）に一軸性の磁気異方性を付与して、磁化容易軸を形成した。

【0024】

次に、絶縁層 24 と磁性層 26 上に、厚さ $1\ \mu\text{m}$ のアルミニウム層をスパッタリング法によって形成した。このアルミニウム層を、フォトリソ法によってパターンニングして、図 6 や図 1 に示すよう磁性層 26 の両端部を覆うような電極パッド部 28a, 28b を形成した。具体的には、各電極パッド部 28a, 28b の上面の面積が $200\ \mu\text{m} \times 200\ \mu\text{m}$ となるようにパターンニングした。

次に、絶縁層 24 と磁性層 26 と電極パッド部 28 上に、厚さ $1\ \mu\text{m}$ の窒化シリコン層をプラズマ CVD 法によって形成した。この窒化シリコン層を RIE 法等によってパターンニングして、電極パッド部 28 上の絶縁性材料層を除去する等して、図 2 や図 1 に示すような保護層 32 を形成した。次に、半導体プロセスを想定した 450°C 、 $30\ \text{min}$ の熱処理を Ar 雰囲気中において実施した。次に

、電極パッド部 2 8 a, 2 8 b へのワイヤボンディングを行い、製造工程を終了した。

【0 0 2 5】

(磁気インピーダンス素子の評価) 以上のようにして製造した磁気インピーダンス素子(サンプル 5) の評価を、その素子に外部磁界を印加するためのコイルと、その素子の磁性層 2 6 の両端の高周波インピーダンスを検出するためのインピーダンスアナライザを使用して行った。外部磁界 H_{ext} は交流電源 3 0 による高周波電流の通電方向と平行な方向に加え、基板 2 2 上に設置されたガウスメータで校正した。インピーダンス Z は高周波電流の周波数が 1 0 0 M H z における値を測定した。素子の磁気インピーダンス特性は、インピーダンス変化率 $\Delta Z / Z_0$ で評価した。 Z_0 は外部磁界 H_{ext} が 0 [O e] のときのインピーダンスである。 ΔZ は外部磁界 H_{ext} が 1 0 0 [O e] のときのインピーダンス Z と、外部磁界 H_{ext} が 0 [O e] のときのインピーダンス Z_0 の差である。

上記の評価は、保護層 3 2 の効果を確認するために、4 5 0 ℃の熱処理の前後で行った。

【0 0 2 6】

図 7 に、サンプル 5 の熱処理前の外部磁界に対するインピーダンス変化を示す磁気インピーダンス特性図を示す。サンプル 5 の場合、図 7 に示すように磁界の絶対値の増加に伴ってインピーダンスが減少する特性となっている。また、図 7 に示すように、感度に相当するインピーダンス変化率 $\Delta Z / Z_0$ は 3 0 % である。上記サンプル 5 を 4 5 0 ℃で熱処理しても、図 7 と全く同じ磁気インピーダンス特性が測定された。このことは、N i F e 合金膜からなる磁性層 2 6 が窒化シリコンからなる保護層 3 2 で覆われているため、熱処理を行っても磁性層 2 6 を形成する N i F e 合金膜の酸化が生じず、磁気特性の変化が実質的に生じなかったことを示している。また、サンプル 3 では、保護層 3 2 に内部応力として - 1 2 0 M P a の圧縮応力が生じていたが(後述する表 1 参照)、その内部応力が磁性層 2 6 の磁気特性に実質的に影響を与えなかったことを示している。

【0 0 2 7】

上記の評価は、以下のものについても行った。評価結果を表 1 に示す。

上記サンプル 5 と保護層 3 2 の材料が同じ（窒化シリコン）で、保護層 3 2 の厚さ及び／又は内部応力が異なっているもの（サンプル 1 ～ 4, 6 ～ 9）。

上記サンプル 5 と保護層 3 2 の材料が異なり（酸化シリコン）、保護層 3 2 の厚さ及び／又は内部応力が異なっているもの（サンプル 10 ～ 18）。

保護層 3 2 を設けていないもの（サンプル 19）。

【0028】

【表 1】

	保護層 材料	保護層 膜厚 (μm)	保護層の 内部応力: σ (MPa)	450°C 熱処理前 のインピーダンス 変化率 : $\Delta Z/Z_0$ (%)	450°C 熱処理後 のインピーダンス 変化率 : $\Delta Z/Z_0$ (%)
サンプル 1	SiN	0.1	-120	30	8
サンプル 2	SiN	0.3	-200	30	30
サンプル 3	SiN	0.5	-100	32	32
サンプル 4	SiN	1	-800	16	15
サンプル 5	SiN	1	-120	30	30
サンプル 6	SiN	1	400	12	14
サンプル 7	SiN	2	-300	28	28
サンプル 8	SiN	2	-50	30	30
サンプル 9	SiN	5	-180	25	25
サンプル 10	SiO ₂	0.1	50	26	5
サンプル 11	SiO ₂	0.5	10	32	32
サンプル 12	SiO ₂	0.5	20	30	30
サンプル 13	SiO ₂	1	-1000	14	15
サンプル 14	SiO ₂	1	30	28	28
サンプル 15	SiO ₂	1	50	26	26
サンプル 16	SiO ₂	1	350	14	15
サンプル 17	SiO ₂	2	80	20	20
サンプル 18	SiO ₂	3	50	30	30
サンプル 19	なし	0	0	30	8

【0029】

表 1 から、サンプル 2 ～ 9, 11 ～ 18 は、熱処理前後で実質的に感度が低下（変化）していないのに対して、サンプル 1, 10, 19 は感度が大幅に低下する。これは、サンプル 19 は保護層 3 2 が設けられていないので、NiFe 合金膜からなる磁性層 2 6 が 450°C の熱処理により酸化され軟磁気特性が消失した

ことを示している。サンプル 1, 10 は保護層 32 が設けられているが、その厚さが $0.1\ \mu\text{m}$ と薄いため、NiFe 合金膜からなる磁性層 26 の酸化を防ぎきれなかったものと考えられる。

【0030】

また、表 1 に示すサンプルのうち、保護層 32 の材料を窒化シリコンとし、その厚さを $1\ \mu\text{m}$ とした場合（サンプル 4～6）のインピーダンス変化率を、 450°C の熱処理前と熱処理後のものについてグラフ化したものを図 8 に示す。また、保護層 32 の材料を酸化シリコンとし、その厚さを $1\ \mu\text{m}$ とした場合（サンプル 13～16）のインピーダンス変化率を、 450°C の熱処理前と熱処理後のものについてグラフ化したものを図 9 に示す。

【0031】

図 8 と図 9 から、保護層 32 の内部応力（引張応力：応力値が正、圧縮応力：応力値が負）が大きくなるにつれて、インピーダンス変化率（感度）が低下していることがわかる。これは、保護層 32 の内部応力が大きくなると、その内部応力の影響によって磁性層 26 に応力が誘起され、この結果磁気特性が変化（保磁力が増大）し、磁性層 26 の比透磁率が低下し、感度が低下するためと考えられる。また、図 8 と図 9 から、保護層 32 に内部応力が引張応力の場合と、圧縮応力の場合で、応力の大きさが同じでもインピーダンス変化率が異なっていることがわかる。より具体的には、応力の大きさが同じ場合は、引張応力の方が圧縮応力に比べてインピーダンス変化率の低下が小さいことがわかる。

【0032】

図 8 と図 9 の場合、引張応力の大きさが 100MPa 以下であると、インピーダンス変化率が約 20% 以上となり、好ましい。引張応力の大きさが 50MPa 以下であると、インピーダンス変化率が約 25% 以上となり、より好ましい。

また、圧縮応力の大きさ（絶対値）が 500MPa 以下であると、インピーダンス変化率が約 20% 以上となり、好ましい。圧縮応力の大きさが 200MPa 以下であると、インピーダンス変化率が約 25% 以上となり、より好ましい。

【0033】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求

の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子の平面図を示す。

【図 2】 図 1 の II－II 線断面図を示す。

【図 3】 本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子の製造方法の説明図を示す（1）。

【図 4】 本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子の製造方法の説明図を示す（2）。

【図 5】 本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子の製造方法の説明図を示す（3）。

【図 6】 本発明の実施形態の磁気インピーダンス素子の製造方法の説明図を示す（4）。

【図 7】 外部磁界に対するインピーダンス変化を示す磁気インピーダンス特性図を示す。

【図 8】 保護層を窒化シリコンで形成した場合の内部応力とインピーダンス変化率の関係のグラフを示す。

【図 9】 保護層を酸化シリコンで形成した場合の内部応力とインピーダンス変化率の関係のグラフを示す。

【符号の説明】

2 2：基板

2 4：絶縁層

2 6：磁性層

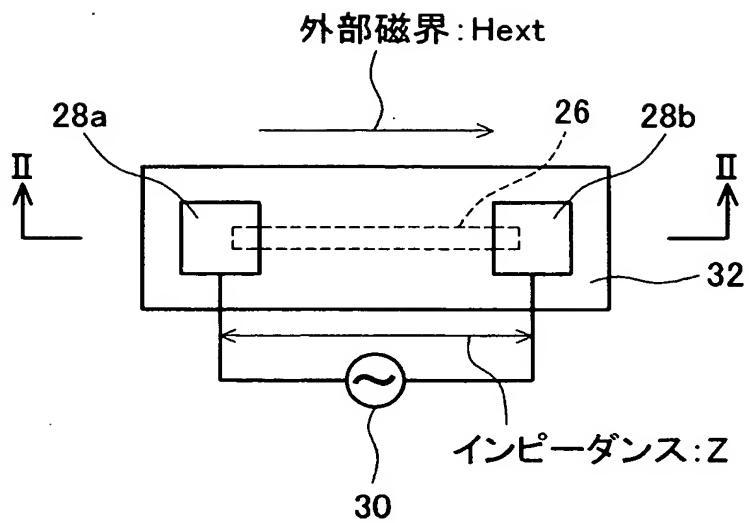
2 8：電極パッド部

3 0 : 交流電源

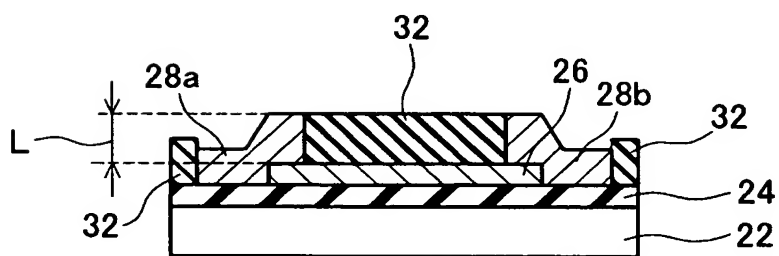
3 2 : 保護層

【書類名】 図面

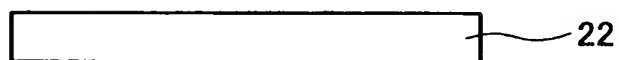
【図 1】



【図 2】



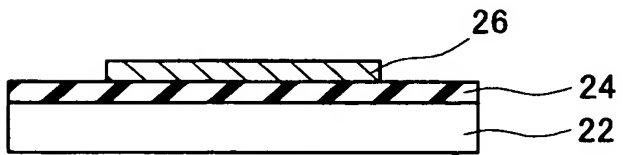
【図 3】



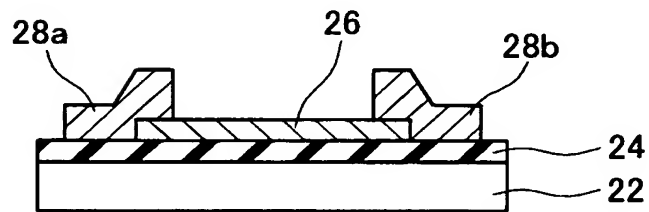
【図 4】



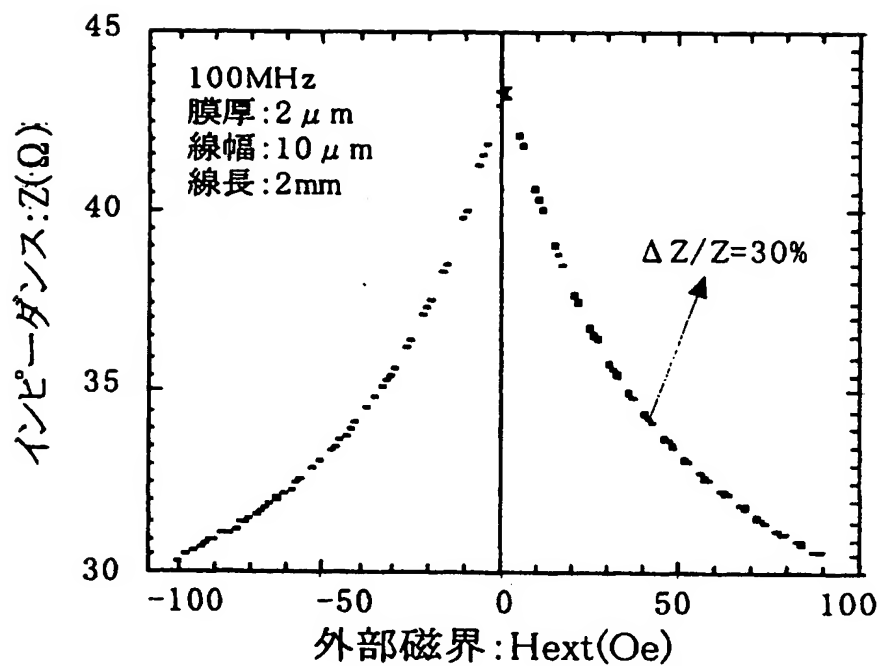
【図 5】



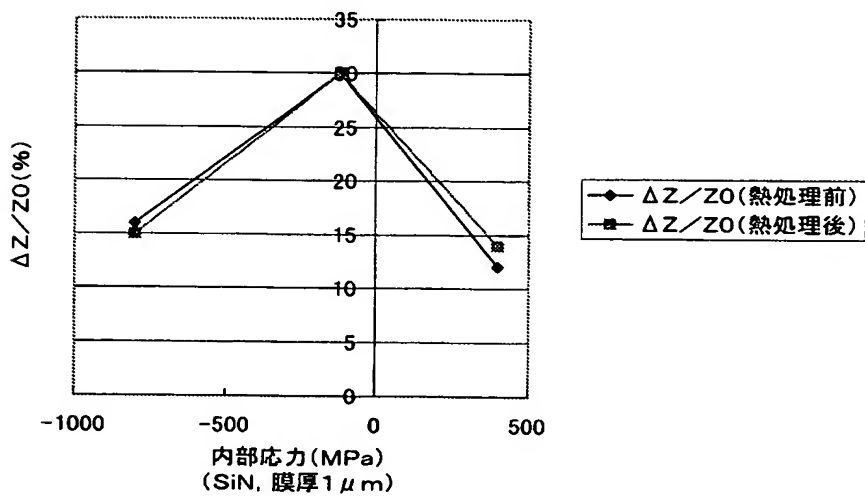
【図 6】



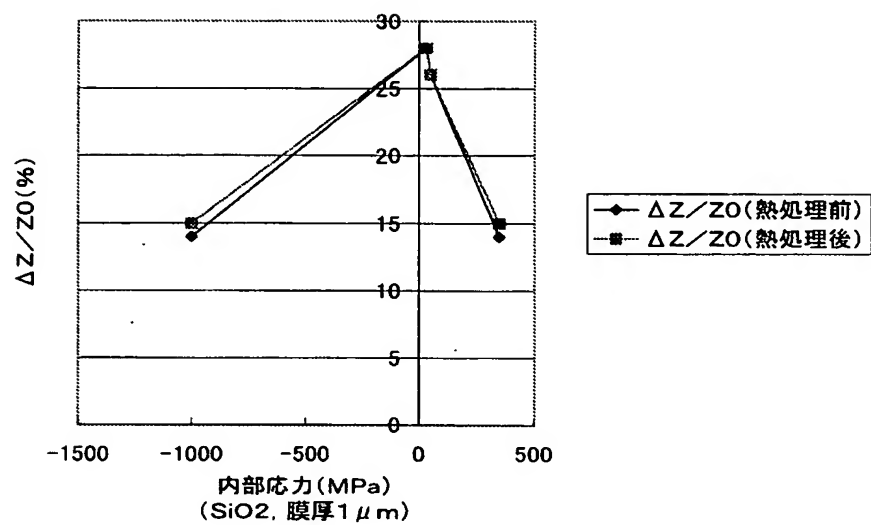
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 耐熱性に優れ、熱処理を行っても磁性層の磁気特性の変化（感度の低下等）が生じにくい磁気インピーダンス素子を提供する。

【解決手段】 本発明の磁気インピーダンス素子は、交流電流を通電すると、外部磁界に応じてインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を利用した素子である。この磁気インピーダンス素子は、磁性層 2 6 と、磁性層 2 6 を覆う電気的な絶縁性材料からなる保護層 3 2 を備えている。保護層 3 2 の内部応力が圧縮応力の場合は、その大きさが 5 0 0 MP a 以下であることが好ましく、保護層 3 2 の内部応力が引張応力の場合は、その大きさが 1 0 0 MP a 以下であることが好ましい。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 3 3 7 4 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 6 0 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1

氏 名

株式会社豊田中央研究所

特願 2 0 0 2 - 3 3 7 4 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 6 0]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 1 0 月 8 日

[変更理由]

名称変更

住 所

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地

氏 名

株式会社デンソー